

Зетпедение и Защита растений

№ 6 (115)
2017

Научно-практический
журнал



Веселого Рождества и Нового Года!

ADAMA

Искренне желаем
семейного счастья,
успеха в профессиональной
деятельности
и крепкого здоровья!

Коллектив Представительства ADAMA
в Республике Беларусь

Земледелие и Защита растений

Научно-практический журнал

№ 6 (115)

ноябрь-декабрь 2017 г.

Периодичность – 6 номеров в год

Издается с 1998 г.

Agriculture and plant protection
Scientific-Practical Journal

№ 6 (115)

November-December 2017

Periodicity – 6 issues per year

Published since 1998

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:


Ф. И. Привалов, генеральный директор *РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию»*, член-корреспондент НАН Беларуси, председатель совета учредителей

СОВЕТ УЧРЕДИТЕЛЕЙ:



В. В. Лапа, директор *РУП «Институт почвоведения и агрохимии»*, академик НАН Беларуси;
С. В. Сорока, директор *РУП «Институт защиты растений»*, кандидат с.-х. наук;
И. С. Татур, директор *РУП «Опытная научная станция по сахарной свекле»*, кандидат с.-х. наук;
С. А. Турко, генеральный директор *РУП «НПЦ НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству»*, кандидат с.-х. наук;
А. А. Таранов, директор *РУП «Институт плодоводства»*, кандидат с.-х. наук;
А. И. Чайковский, директор *РУП «Институт овощеводства»*, кандидат с.-х. наук;
А. В. Пискун, директор *ГУ «Главная государственная инспекция по семеноводству, карантину и защите растений»*;
Л. В. Сорочинский, директор *ООО «Земледелие и защита растений»*, доктор с.-х. наук, зам. главного редактора

В НОМЕРЕ


Агротехнологии

-  *Лепёшкин Н. Д., Тоцицкий А. А., Заяц Д. В.* Новые возможности механизации почвозащитного земледелия на легких супесчаных и песчаных пахотных землях 3

Селекция


-  *Ковалевская Л. И., Бушуева В. И.* Результаты конкурсного испытания сортообразцов клевера лугового разных типов спелости 7
-  *Литарная М. А.* К подбору исходного материала для селекции льна-долгунца на качество волокна 13

Агрохимия



-  *Цыбулько Н. Н., Шашко А. В.* Влияние соотношений азотного и калийного питания на накопление ^{137}Cs многолетними бобово-злаковыми травами на торфяно-минеральной почве 17

IN THE ISSUE


Agrotechnologies

-  *Lepeshkin N. D., Tochitsky A. A., Zayats D. V.* New possibilities of mechanization of soil protection agriculture on light sandy and sandy arable soils 3

Selection

-  *Kovalevskaya L. I., Bushueva V. I.* Results of competitive testing of varieties of meadow clover of different types of ripeness 7
-  *Litarnaya M. A.* To the selection of the initial material for selection of fiber flax for fiber quality 13

Agrochemistry

-  *Tsybulko N. N., Shashko A. V.* Influence of nitrogen and potassium nutrition relations on ^{137}Cs accumulation by perennial legume-cereal grasses on peat-mineral soil 17

Солодушко Н. Н., Солодушко В. Ф., Романенко А. Л. Влияние минеральных удобрений на урожайность пшеницы озимой (*Triticum aestivum*) в степи Украины

Solodushko N. N., Solodushko V. F., Romanenko A. L. Influence of mineral fertilizers on winter wheat yield (*Triticum aestivum*) in the Steppe of Ukraine

Защита растений

Plant protection

Лобач О. К., Сорока С. В., Сорока Л. И. Видовое разнообразие и динамика засоренности посевов основных зерновых культур многолетними сорными растениями

Lobach O. K., Soroka S. V., Soroka L. I. Species diversity and dynamics of weed infestation of main grain crops by perennial weeds

Челомбитко А. Ф., Башинская О. В. Западный цветочный трипс – опасный карантинный вредитель в теплицах Украины

Chelombitko A. F., Bashinskaya O. V. Western flower thrips - a dangerous quarantine pest in Ukrainian greenhouses

Гашенко О. А., Волосевич Н. Н. Молекулярная характеристика изолятов вируса мозаики яблони на хмеле обыкновенном (*Humulus lupulus* L.) в Беларуси

Gasenko O. A., Volosevich N. N. Molecular characteristics of apple mosaic virus isolates on hops (*Humulus lupulus* L.) in Belarus

Волощук А. П., Волощук И. С., Случак О. М., Корецкая М. И., Распутенко А. О. Влияние предпосевной обработки семян на перезимовку рапса озимого в условиях западной лесостепи Украины

Voloshchuk A. P., Voloshchuk I. S., Sluchak O. M., Koretskaya M. I., Rasputenko A. O. Influence of pre-sowing seed treatment on wintering of winter rape in conditions of western forest-steppe of Ukraine

Лянь Уян. Видовое разнообразие пауков (Aranei) и их сезонная динамика на полях озимого рапса

Lyan Uyan. Specific diversity of spiders (Aranei) and their seasonal dynamics in winter rape fields

Мелюхина Г. В. Распределение популяций злаковых тлей (Homoptera, Aphididae) в пределах поля пшеницы озимой в условиях лесостепи Украины

Melyukhina G. V. Distribution of green bug populations (Homoptera, Aphididae) within the wheat field of winter wheat in conditions of the forest-steppe of Ukraine

Ходенкова А. М., Буга С. Ф. Биологические особенности развития грибов – возбудителей основных болезней подсолнечника масличного и их вредоносность

Khodenkova A. M., Buga S. F. Biological peculiarities of development of fungi-agents of main oil sunflower diseases and their harmfulness

Плодоводство

Fruit growing

Самусь В. А. Питомниководство – основа инновационного развития плодоводства

Samus V. A. Nursery breeding - the basis for fruit growing innovative development

Демидович Е. И., Криворот А. М. Эффективность применения предуборочных обработок химическими и биологическими препаратами против болезней плодов яблони при хранении

Demidovich E. I., Krivorot A. M. Efficiency of pre-harvest treatments with chemical and biological preparations against diseases of apple fruits during storage

Новик Г. А., Криворот А. М., Емельянова О. В. Применение комплексного препарата Волат-24 в насаждениях земляники садовой и малины ремонтантной

Novik G. A., Krivorot A. M., Emelianova O. V. The application of the complex preparation Volat-24 in pine strawberry and perpetual raspberry

Овощеводство

Vegetable growing

Забара Ю. М. Урожайность и химический состав капусты брокколи в зависимости от приемов возделывания

Zabara Yu. M. Yield and chemical composition of broccoli cabbage, depending on cultivation methods

Аутко А. А., Волосюк С. Н. Морфофизиологические особенности корневой системы арбуза (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) в условиях Беларуси

Autko A. A., Volosiuk S. N. Morphophysiological features of the watermelon root system (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) in the conditions of Belarus

Информация

Information

В Национальной академии наук Беларуси

At the National Academy of Sciences of Belarus

Богдевич Иосиф Михайлович (к 80-летию со дня рождения)

Bogdevich Iosif Mikhailovich (to the 80-th Anniversary from Birth)

К 80-летию Светланы Федоровны Буга

Buga Svetlana Fiodorovna (to the 80-th Anniversary from Birth)

Плоды трудов, рассчитанные на поколения... К 80-летию Леонида Васильевича Сорочинского

Results of proceedings dedicated for generations ...To the 80-th Anniversary of Sorochinsky Leonid Vasilievich

Мечеслав Францевич Степура (к 70-летию юбилею)

Stepuro Mecheslav Frantsevich (to the 70-th Anniversary from Birth)

Опубликовано в 2017 году

Published in 2017

Влияние соотношений азотного и калийного питания на накопление ^{137}Cs многолетними бобово-злаковыми травами на торфяно-минеральной почве

Н. Н. Цыбулько, кандидат с.-х. наук
Институт почвоведения и агрохимии
А. В. Шашко, младший научный сотрудник
Институт радиологии

(Дата поступления статьи в редакцию 16.06.2017 г.)

Установлено, что на торфяно-минеральной почве минимальное накопление ^{137}Cs многолетними бобово-злаковыми травами отмечается при азотно-калийном соотношении 1:0,4–0,6. При соотношении 1:0,2–0,3 наблюдается дефицит азота и увеличение концентрации радионуклида в сене из-за снижения урожайности. Внесение повышенных доз азотных удобрений на низком фоне калийного питания расширяет соотношение N:K, что сопровождается образованием калийного дефицита и ослаблением дискриминации ^{137}Cs по отношению к калию при поступлении в растения. Увеличение накопления радионуклида в растениях наблюдается при соотношении выше 1:0,8.

Введение

Генетические особенности почв оказывают существенное влияние на процессы сорбции радионуклидов и интенсивность перехода их в растения. В зависимости от свойств почв содержание обменной формы радионуклидов варьирует от 9 до 40 % для ^{137}Cs и от 64 до 93 % – для ^{90}Sr [1]. На территории радиоактивного загрязнения в составе сельскохозяйственных земель значительный удельный вес занимают органогенные почвы. Площади торфяных почв с разной мощностью торфа и деградированных торфяно-минеральных почв в Гомельской, Могилевской и Брестской областях составляют около 500 тыс. га [2, 3]. Такие почвы отличаются от минеральных более высоким поступлением радионуклидов в растения и являются критичными для получения нормативно чистой сельскохозяйственной продукции. Высокие параметры миграции радионуклидов в растения на этих почвах обусловлены особенностями их морфологического и генетического строения, водно-физическими и агрохимическими свойствами. Из-за повышенной адсорбционной способности органического вещества и емкости катионного обмена, низкого отрицательного поверхностного заряда этих почв значительное количество веществ, в том числе и радионуклидов, удерживается в доступных для растений формах. Ведущим механизмом взаимодействия радионуклидов с почвой является ионный обмен, а основную роль играют фульво- и гуминовые кислоты, находящиеся в почвенном растворе [4, 5].

Основным агрохимическим приемом, снижающим поступление ^{137}Cs в сельскохозяйственные культуры, является внесение калийных удобрений. На почвах разного генезиса под влиянием калия поступление ^{137}Cs в растения может уменьшаться от 2 до 20 раз [6]. Положительная роль его в снижении поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию возрастает на фоне оптимальных параметров минерального питания растений [7].

Снижение перехода радионуклидов в растения при внесении калийных удобрений зависит от исходной обеспеченности почвы подвижным калием [8]. Установлено, что уровень содержания K_2O в почве, превышение которого не снижает накопление ^{137}Cs в полевых культурах, составляет 240–260 мг/кг почвы. Внесение высоких доз

It is established that on the peat-mineral soil the minimum accumulation of ^{137}Cs with perennial leguminous grasses is noted at a nitrogen-potassium ratio of 1:0.4–0.6. At a ratio of 1:0.2–0.3, nitrogen deficiency and an increase in radionuclide concentration in hay are observed due to a decrease in yield. The introduction of high rates of nitrogen fertilizers on a low background of potassium nutrition broadens the N:K ratio, which is accompanied by the formation of a potassium deficiency and a decrease in the discrimination of ^{137}Cs with respect to potassium when entering plants. An increase in the accumulation of a radionuclide in the hay is observed at a ratio above 1:0.8.

калийных удобрений (180–240 кг/га) на слабообеспеченных почвах (150 мг/кг почвы) снижает в 1,5–2,7 раза содержание ^{137}Cs . На почвах с повышенным (250 мг/кг почвы) и высоким (350 мг/кг почвы) содержанием подвижного калия внесение повышенных доз калийных удобрений малоэффективно [9].

Азотные удобрения, особенно в повышенных дозах, увеличивают в 1,5–4,0 раза накопление радионуклидов в сельскохозяйственных культурах [10]. Принято считать, что основной причиной высокого перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в растения при внесении азотных удобрений является подкисление почвенного раствора и в результате этого повышение подвижности в почве элементов питания, в том числе и радионуклидов.

Усиление поглощения ^{137}Cs при внесении азотных удобрений объясняется повышением количества подвижного радионуклида в почве под влиянием гидратированных ионов аммония, имеющих с радиоцезием сходный по величине ионный радиус и способных вытеснять его из мест сорбции в почвенный раствор [7]. Однако нитратная форма азота также усиливает поглощение ^{137}Cs , хотя и в меньшей степени (в среднем в 2 раза), чем азот в аммонийной форме [11]. Предполагается, что повышенное накопление ^{137}Cs в растениях при внесении азота может происходить в результате сдвига в соотношениях элементов в почвенном растворе [12]. Установлено также, что действие азотных удобрений на миграцию радионуклидов в системе почва–растение зависит от соотношения азота и калия в питании растений [13].

Цель работы – изучить влияние соотношений азотного и калийного питания растений при внесении разных доз азотных и калийных удобрений на параметры поступления ^{137}Cs в сено многолетних бобово-злаковых трав на торфяно-минеральной почве.

Объекты и методы исследований

Исследования проводили в 2012–2014 гг. в полевом опыте на территории землепользования ГП «Новое Полесье» Лунинецкого района Брестской области. Объектом исследования являлась торфяно-минеральная почва. Агрохимические показатели пахотного (0–20 см) слоя почвы следующие (средние значения): органическое веще-

ство – 53,1 %, общий азот – 1,54 %, минеральный азот – 36,2 мг/кг почвы (35,3 кг/га), pH в KCl – 5,44, подвижные формы (в 0,2 М HCl) P_2O_5 – 737 и K_2O – 665 мг/кг почвы. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs колебалась в пределах 155–174 кБк/м² (в среднем 160 кБк/м²).

Возделывали бобово-злаковую травосмесь, включающую тимopheевку луговую (6 кг/га), овсяницу луговую (6 кг/га), кострец безостый (6 кг/га) и лядвенец рогатый (5 кг/кг). Посев трав беспокровный. Схема опыта приведена в таблице 1.

Размещение делянок в опыте рендомизированное. Повторность вариантов в опыте четырехкратная. Общая площадь делянки составляла 20 м², учетная площадь – 12 м².

Агрохимические показатели почв определяли по методикам: органическое вещество – по Тюрину в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26212–91; pH_{KCl} – потенциометрическим методом по ГОСТ 26483–85; подвижные формы фосфора и калия – по ГОСТ 26207–91; общий азот – по ГОСТ 26107–84; $N-NH_4$ – по ГОСТ 26489–85; $N-NO_3$ – по ГОСТ 26488–85.

Отбор проб почвы, подготовку почвенных и растительных проб для определения содержания ^{137}Cs проводили по методикам [14–16]. Определение удельной активности ^{137}Cs (Бк/кг) в почвенных пробах выполняли на γ -спектрометре МКС-АТ1315, в растительных образцах – на

γ -спектрометрическом комплексе «Canberra-Packard». Основная относительная погрешность измерений при доверительном интервале $P=95$ % не превышала 15–30 %. Аппаратурная ошибка измерений не превышала 15 %. Для оценки поступления ^{137}Cs из почвы в растения рассчитывали коэффициент перехода (K_p) – отношение удельной активности радионуклида в растениях к плотности загрязнения почвы на единицу площади (Бк/кг : кБк/м²). Полученные данные обрабатывали методами корреляционно-регрессионного анализа с использованием компьютерного программного обеспечения (Excel 7.0, Statistic 7.0).

Результаты исследований и их обсуждение

Гидротермические условия в 2012 и 2014 г. характеризовались как влажные с ГТК соответственно 1,66 и 2,02, в 2013 г. – слабозасушливые с ГТК 1,16.

Накопление ^{137}Cs многолетними бобово-злаковыми травами зависело от метеорологических условий вегетационных периодов, укосов и уровней применения минеральных удобрений. При плотности загрязнения почвы ^{137}Cs 155–174 кБк/м² удельная активность радионуклида в сене многолетних трав колебалась по годам в контроле от 29,77 до 256,48 Бк/кг. Различия в содержании ^{137}Cs в сене по годам достигали в контроле (без применения удобрений) 3,6 раза, в вариантах с минеральными удо-

Таблица 1 – Схема применения минеральных удобрений под многолетние травы

Вариант	Дозы удобрений под 1-й укос, кг/га д. в.			Дозы удобрений под 2-й укос, кг/га д. в.		
	N	P	K	N	P	K
1. Контроль (без удобрений)	–	–	–	–	–	–
2. $P_{90}K_{120}$	–	90	120	–	–	–
3. $P_{90}K_{180}$	–	90	120	–	–	60
4. $P_{90}K_{240}$	–	90	180	–	–	60
5. $N_{30}P_{90}K_{180}$	30	90	120	–	–	60
6. $N_{60}P_{90}K_{180}$	30	90	120	30	–	60
7. $N_{90}P_{90}K_{180}$	60	90	120	30	–	60

Таблица 2 – Удельная активность ^{137}Cs в сене многолетних бобово-злаковых трав в зависимости от доз фосфорных и калийных удобрений

Вариант	Удельная активность, Бк/кг				Процент к контролю
	годы			среднее	
	2012	2013	2014		
Первый укос					
1. Контроль	40,50 ±12,46	36,37 ±10,78	29,77 ±8,91	35,55	100
2. P ₉₀ K ₁₂₀	23,26 ±10,14	29,13 ±8,57	23,11 ±6,93	25,17	71
3. P ₉₀ K ₁₈₀	24,10 ±5,87	27,87 ±7,75	22,79 ±6,23	24,92	70
4. P ₉₀ K ₂₄₀	12,67 ±5,52	17,17 ±5,57	17,60 ±5,28	15,81	44
5. N ₃₀ P ₉₀ K ₁₈₀	11,50 ±4,70	15,43 ±4,62	15,94 ±4,77	14,29	40
6. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₈₀	12,20 ±4,37	15,53 ±6,10	15,82 ±4,70	14,52	41
7. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₈₀	13,42 ±4,99	9,97 ±5,71	13,46 ±4,05	12,28	35
Второй укос					
1. Контроль	71,36 ±21,48	123,52 ±37,54	256,48 ±76,94	150,45	100
2. P ₉₀ K ₁₂₀	42,64 ±12,87	87,32 ±26,19	167,29 ±46,22	99,08	66
3. P ₉₀ K ₁₈₀	37,63 ±11,57	63,39 ±19,02	99,77 ±29,93	66,93	44
4. P ₉₀ K ₂₄₀	27,04 ±8,06	59,48 ±17,82	60,55 ±18,21	49,02	33
5. N ₃₀ P ₉₀ K ₁₈₀	18,31 ±5,57	56,99 ±16,99	57,37 ±17,22	44,22	30
6. N ₆₀ P ₉₀ K ₁₈₀	23,29 ±6,95	49,26 ±14,77	32,81 ±9,83	35,12	24
7. N ₉₀ P ₉₀ K ₁₈₀	26,06 ±7,94	51,44 ±15,25	34,73 ±10,40	37,41	25

брениями – 2,7–3,0 раза, а между укосами – 8,6 раза. Во все годы исследований травы второго укоса отличались более высокой удельной активностью ^{137}Cs по сравнению с травами первого укоса. В целом за годы исследований содержание радионуклида в сене не превышала 350 Бк/кг при допустимом уровне 1300 Бк/кг для скормливания дойному поголовью и получения цельного молока (таблица 2).

Фосфорные и калийные удобрения, внесенные под первый укос трав в дозах $\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ при содержании в почве P_2O_5 737 и K_2O – 665 мг/кг почвы, снизили содержание ^{137}Cs в зависимости от года пользования трав в сене первого укоса от 20 до 43 %, в сене второго укоса – от 29 до 40 %, а в среднем – на 30 и 34 % соответственно.

Применение под первый укос трав дозы калия 180 кг/га также было эффективным. Активность радионуклида в сене уменьшилась в среднем с 25,17 до 15,81 Бк/кг или в 1,6 раза. Подкормка трав под второй укос калием в дозе 60 кг/га на фоне $\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ (вариант 3) способствовала уменьшению содержания ^{137}Cs в сене по отношению к контролю в среднем в 2,2 раза, по отношению к варианту с $\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ – в 1,5 раза. При внесении K_{60} под второй укос на фоне $\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ (вариант 4) также наблюдалось снижение активности ^{137}Cs в сене по сравнению с вариантом 3 с 66,93 до 49,02 Бк/кг.

Азотные удобрения, которые применяли под многолетние бобово-злаковые травы в начале их весеннего отрастания и под второй укос в общих дозах 30, 60 и 90 кг/га действующего вещества на фоне $\text{P}_{90}\text{K}_{180}$, не привели к

усилению поступления ^{137}Cs в растения, а наоборот, способствовали снижению его накопления. Так, при внесении N_{30} в начале весенней вегетации трав снижение удельной активности радионуклида в сене первого укоса по отношению к фосфорно-калийному фону колебалось по годам от 6,87 до 12,60 Бк/кг, а в среднем за 3 года исследований составило 10,40–10,63 Бк/кг или 41–42 %.

За годы исследований минимальное содержание ^{137}Cs в сене первого укоса (12,28 Бк/кг) отмечено в варианте с внесением в начале весеннего отрастания трав 60 кг/га азота удобрений.

Азотная подкормка трав после первого укоса в дозе 30 кг/га на фоне ранневесеннего применения N_{30} и N_{60} (варианты 4 и 5) снизила накопление ^{137}Cs в сене второго укоса по отношению к варианту $\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ соответственно на 47 и 44 %, к варианту $\text{N}_{30}\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ – на 21 и 15 %.

Расчеты коэффициентов перехода ^{137}Cs из почвы в многолетние травы показали следующее. За годы исследований в зависимости от метеорологических условий вегетационных периодов различия в переходе ^{137}Cs в многолетние травы первого укоса достигали 1,7 раза, второго укоса – 4,3 раза. В контрольном варианте коэффициент перехода изменялся по годам для трав первого укоса незначительно – 0,21–0,24 Бк/кг : кБк/м², тогда как для второго укоса он варьировал от 0,47 до 1,57 Бк/кг : кБк/м² (рисунок 1).

Фосфорные и калийные удобрения в дозах соответственно 90 и 120 кг/га снизили параметры перехода ^{137}Cs

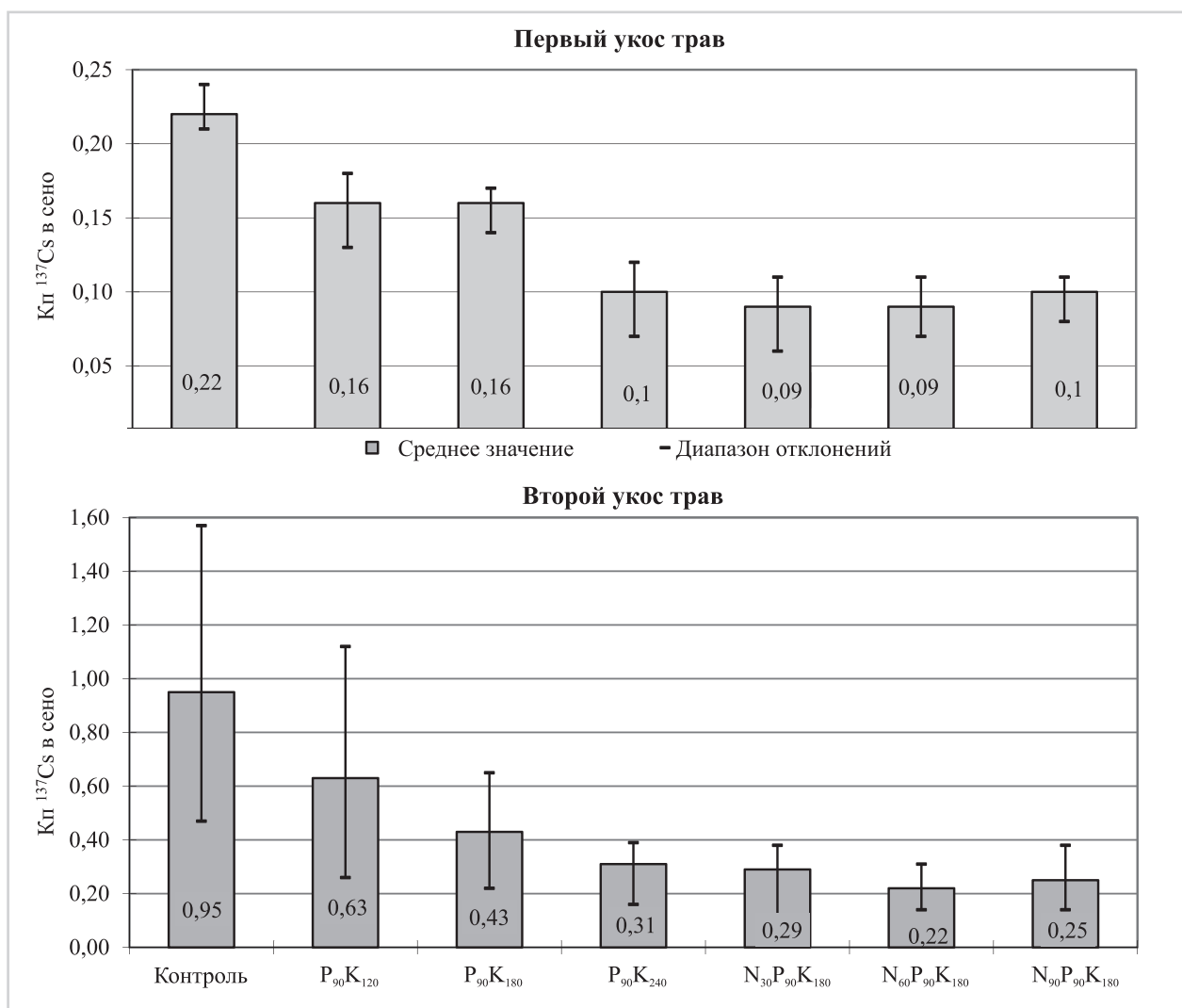


Рисунок 1 – Коэффициенты перехода ^{137}Cs в сено многолетних трав в зависимости от доз минеральных удобрений (Бк/кг : кБк/м²)

из почвы в травы первого и второго укосов на 27–34 %. При внесении под второй укос K_{60} на фоне $P_{90}K_{120}$ показатель перехода ^{137}Cs из почвы в растения снизился с 0,63 до 0,43 Бк/кг : кБк/м². Применение под первый укос $P_{90}K_{180}$ и под второй укос K_{60} (вариант 4) уменьшило коэффициент перехода ^{137}Cs по отношению к варианту 3 ($P_{90}K_{180}$) в травы первого укоса с 0,16 до 0,10 Бк/кг : кБк/м², в травы второго укоса – с 0,43 до 0,31 Бк/кг : кБк/м².

При внесении полного минерального удобрения (NPK) показатели перехода ^{137}Cs в сено составили в среднем на травах первого укоса 0,09–0,10 Бк/кг : кБк/м², на травах второго укоса – 0,22–0,29 Бк/кг : кБк/м², то есть были ниже по сравнению с контролем и вариантами, где применяли только фосфорные и калийные удобрения. Как видно из полученных данных, различия в этом показателе в зависимости от доз азотных удобрений были незначительными.

Изучено влияние соотношения азотного и калийного питания растений на накопление ^{137}Cs многолетними травами. Содержание доступного растениям азота рассчитывали как сумму минерального азота (азот нитра-

тов, обменного аммония) в пахотном слое почвы и азота удобрений. Уровень калийного питания определялся без внесения калийных удобрений и при внесении их в дозах от 120 до 240 кг/га с интервалом в 60 кг/га действующего вещества. При определении соотношения азота к калию (N : K) за единицу принимали калий. Данное соотношение изменялось в интервале 1 : 0,1–0,8.

Проведен корреляционно-регрессионный анализ данных соотношения N : K и накопления ^{137}Cs многолетними бобово-злаковыми травами. Установлены тесные взаимосвязи соотношения азота и калия в питании растений с удельной активностью ^{137}Cs в сене первого ($R = 0,73$) и второго укосов ($R = 0,82$). Корреляционные зависимости между анализируемыми показателями описывались квадратичными уравнениями с полиномиальной линией тренда (рисунок 2).

Минимальное поступление радионуклида в травы первого укоса наблюдалось при азотно-калийном соотношении в диапазоне 1 : 0,5–0,6, в травы второго укоса – 1 : 0,4–0,5. При более узком соотношении (1 : 0,2–0,3) и следовательно дефиците азота наблюдалось увеличение

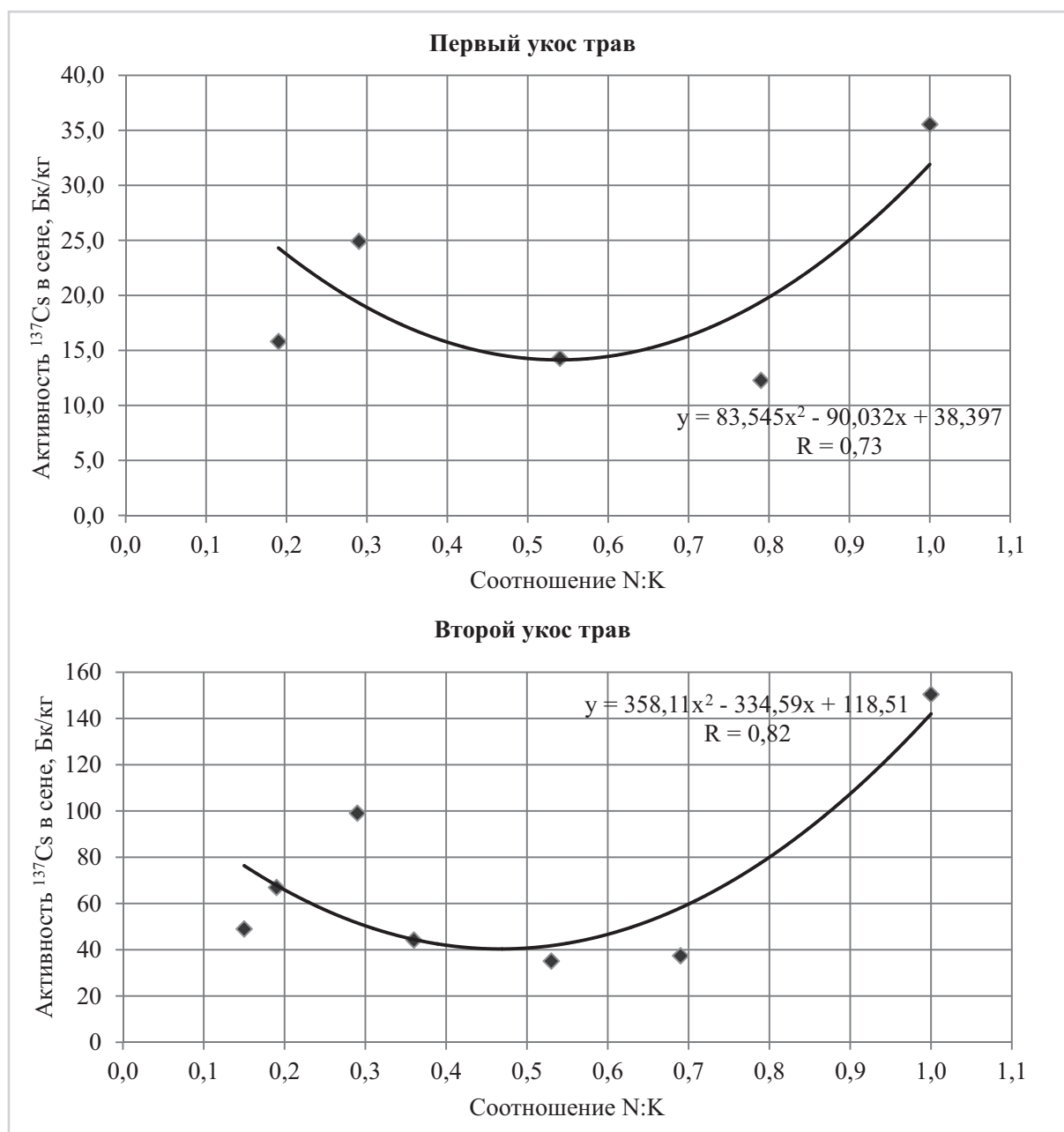


Рисунок 2 – Взаимосвязи соотношения N : K с активностью ^{137}Cs в сене первого и второго укосов многолетних трав

концентрации ^{137}Cs в сене в результате снижения продуктивности многолетних трав. Внесение повышенных доз азотных удобрений на низком фоне калийного питания расширяло соотношение азота к калию, что сопровождалось образованием калийного дефицита и ослаблением дискриминации ^{137}Cs по отношению к калию при поступлении его из почвы в растения. Заметное увеличение накопления радионуклида в сене наблюдалось при расширении соотношения азота к калию выше 1 : 0,8.

Следовательно, как показывают результаты исследований, увеличение накопления ^{137}Cs в растениях при внесении азотных удобрений определяется не только повышением их доз, но также зависит от уровня применения калийных удобрений, то есть от сбалансированности азотного и калийного питания растений.

Возделывание сельскохозяйственных культур в соответствии с законодательством Республики Беларусь разрешено на землях с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs до 1480 кБк/м² (до 40 Ки/км²) и ^{90}Sr – до 111 кБк/м² (до 3,0 Ки/км²). С целью оптимизации размещения сельскохозяйственных культур по полям и рабочим участкам на загрязненных радионуклидами землях проводится оценка их радиологической пригодности на основе определения предельно допустимой плотности загрязнения почвы ^{137}Cs или ^{90}Sr .

На основании коэффициентов перехода ^{137}Cs в сено многолетних трав, полученных на разных уровнях применения минеральных удобрений, определены допустимые плотности загрязнения почвы ($ДП_{\Pi}$) при возделывании их для получения кормов, отвечающих республиканским допустимым уровням ($РДУ$) и допустимым уровням, принятым в рамках Таможенного союза ($ДУ\ ТС$). Расчеты проводились по формуле:

$$ДП_{\Pi} = \frac{ДУ}{K_{\Pi} * 37},$$

где $ДП_{\Pi}$ – допустимая плотность загрязнения почвы радионуклидом, Ки/км²; $ДУ$ – республиканский допустимый уровень или допустимый в рамках Таможенного союза уровень содержания радионуклида в продукции, Бк/кг, л; K_{Π} – коэффициент перехода радионуклида из почвы в растениеводческую продукцию, Бк/кг : кБк/м², 37 – коэффициент пересчета нКи/кг в Бк/кг.

При прогнозе допустимой плотности загрязнения почвы учитывалась определенная степень консервативности (прочности прогноза), предусматривающая изменения коэффициентов перехода радионуклидов в растениеводческую продукцию, связанные с особенностями гидротермических условий вегетационных периодов, колебания которых оцениваются в $\pm 30\%$. В наших оценках допустимая плотность загрязнения почв ^{137}Cs , где

возможно производство продукции изучаемой культуры в пределах РДУ или ДУ ТС, принималась на уровне 70 % от расчетной величины.

В соответствии с республиканскими допустимыми уровнями для получения нормативно чистого цельного молока (< 100 Бк/л) и мяса (< 500 Бк/л) допустимый уровень ^{137}Cs в сене составляет 1300 Бк/кг, для получения нормативно чистого молока-сырья при переработке на масло – 1850 Бк/кг [17]. Техническим регламентом (ТР ТС 021/2011) «О безопасности пищевой продукции» в рамках Таможенного союза установлен более «жесткий» по сравнению с РДУ-99 норматив на содержание ^{137}Cs в мясе, который составляет 200 Бк/кг [18]. Поэтому предельно допустимое содержание радионуклида в сене для заключительной стадии откорма животных примерно в 2,5 раза ниже и не должно превышать 520 Бк/кг.

Установлено, что на торфяно-минеральной почве с содержанием подвижных форм фосфора и калия соответственно 737 и 665 мг/кг почвы и применении минеральных удобрений многолетние бобово-злаковые травы можно возделывать без ограничений по плотности загрязнения ^{137}Cs (до 40 Ки/км²) для производства сена при использовании его на корм для получения цельного молока, молока-сырья при переработке на масло и мяса, отвечающих республиканским нормативным требованиям по содержанию радионуклида (таблица 3).

Получение сена второго укоса трав при скормливании его животным для получения мяса с содержанием ^{137}Cs до 200 Бк/кг на фоне применения фосфорных и калийных удобрений в дозах $P_{90}K_{180}$ и $P_{90}K_{240}$ ограничено плотностью радиоактивного загрязнения почвы соответственно 25,0 и 35,0 Ки/км², а при дозах $P_{90}K_{120}$ – плотностью загрязнения 17,0 Ки/км². При внесении полного минерального удобрения под бобово-злаковые травы в дозах $N_{60-90}P_{90}K_{180}$ нормативно чистое сено второго укоса можно получать без ограничений по плотности загрязнения почвы.

Выводы

1. В зависимости от условий вегетационных периодов различия в содержании ^{137}Cs в сене по годам достигают в контроле 3,6 раза, в вариантах с минеральными удобрениями – 2,7–3,0 раза, между укосами – 8,6 раза. Травы второго укоса отличаются более высокой удельной активностью ^{137}Cs по сравнению с травами первого укоса.

2. При возделывании многолетних бобово-злаковых трав на торфяно-минеральной почве с содержанием P_2O_5 737 мг/кг и K_2O 665 мг/кг максимальное снижение содержания ^{137}Cs в сене первого укоса в 2,2 раза и сене второго укоса в 3,0 раза обеспечивает применение $P_{90}K_{240}$ (K_{180} под первый укос и K_{60} под второй укос). Азотные удобрения в общих дозах от 30 до 90 кг/га на фоне $P_{90}K_{180}$

Таблица 3 – Допустимые плотности загрязнения ^{137}Cs торфяно-минеральной почвы при производстве сена многолетних трав в зависимости от его кормового назначения

Вариант	Допустимые плотности загрязнения ^{137}Cs , Ки/км ²					
	получение сена первого укоса			получение сена второго укоса		
	РДУ 1300 Бк/кг	РДУ 1850 Бк/кг	ДУ ТР ТС 520 Бк/кг	РДУ 1300 Бк/кг	РДУ 1850 Бк/кг	ДУ ТР ТС 520 Бк/кг
1. Контроль	40,0	40,0	40,0	28,0	40,0	11,0
2. $P_{90}K_{120}$	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	17,0
3. $P_{90}K_{180}$	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	25,0
4. $P_{90}K_{240}$	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	35,0
5. $N_{30} P_{90}K_{180}$	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	37,0
6. $N_{60} P_{90}K_{180}$	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
7. $N_{90} P_{90}K_{180}$	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0

снижают содержание ^{137}Cs в сене первого укоса в среднем в 1,7–2,0 раза, в сене второго укоса – в 1,5–1,9 раза по отношению к фосфорно-калийному фону.

3. Минимальное накопление ^{137}Cs травами первого укоса отмечается при азотно-калийном соотношении 1 : 0,5–0,6, травами второго укоса – 1 : 0,4–0,5. При соотношении 1 : 0,2–0,3 наблюдается дефицит азота и увеличение концентрации радионуклида в сене из-за снижения продуктивности трав. Внесение повышенных доз азота на низком фоне калийного питания расширяет соотношение N : K, приводя к образованию калийного дефицита и ослаблению дискриминации ^{137}Cs по отношению к калию при поступлении его в растения. Увеличение накопления радионуклида в сене наблюдается при соотношении выше 1 : 0,8.

3. На торфяно-минеральной почве многолетние бобово-злаковые травы можно размещать без ограничений по плотности загрязнения ^{137}Cs для получения сена первого укоса, используя его на корм при производстве молока и мяса, отвечающих республиканским и международным нормативам по содержанию радионуклида. Получение нормативно чистого сена второго укоса при скормливания его животным для получения мяса с содержанием ^{137}Cs до 200 Бк/кг не ограничено плотностью загрязнения почвы на фоне применения минеральных удобрений в дозах $N_{60-90}P_{90}K_{180}$.

Литература

1. Сысоева, А. А. Экспериментальное исследование и моделирование процессов, определяющих подвижность ^{90}Sr и ^{137}Cs в системе почва – растение: автореф. дис. ... канд. биол. наук / А. А. Сысоева. – Обнинск: ВНИИСПХРАЭ, 2004. – 29 с.
2. Национальный доклад о состоянии, использовании и охране земельных ресурсов (по сост. на 1 янв. 2011 г.) / Гос. ком. по имуществу Респ. Беларусь; под ред. Г. И. Кузнецова. – Минск : РУП «БелНИЦзем», 2011. – 184 с.
3. Мееровский, А. С. Проблемы использования и сохранения торфяных почв / А. С. Мееровский, В. П. Трибис // Новости науки и технологий. – 2010. – № 4 (23). – С. 3–9.
4. Путятин, Ю. В. Минимизация поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческую продукцию / Ю. В. Путятин. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2008. – 268 с.

5. Соколик, Г. А. Действие фульво- и гуминовых кислот на механизмы накопления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr растительными клетками / Г. А. Соколик // Радиоэкология торфяных почв: матер. междунар. конф. / Санкт-Петербургский гос. аграр. ун-т. – С-Пб, 1994. – С. 23–24.
6. 20 лет после чернобыльской катастрофы: последствия в Республике Беларусь и их преодоление. Национальный доклад; под ред. В. Е. Шевчука, В. Л. Гурачевского. – Минск: Комитет по проблемам преодоления последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС при Совете Министров Республики Беларусь, 2006. – 112 с.
7. Алексахин, Р. М. Поведение ^{137}Cs в системе почва – растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожае / Р. М. Алексахин, И. Т. Моисеев, Ф. А. Тихомиров // Агрохимия. – 1992. – № 8. – С. 127–138.
8. Путятин, Ю. В. Влияние кислотности дерново-подзолистой супесчаной почвы и доз калийных удобрений на переход ^{137}Cs и ^{90}Sr в яровую пшеницу / Ю. В. Путятин, Т. М. Серая, О. М. Петрикевич // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. – Мн.: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2004. – Вып. 33. – С. 163–169.
9. Богдевич, И. М. Урожай и поступление радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственные культуры в зависимости от доз калийных удобрений / И. М. Богдевич // Почвенные исследования и применение удобрений: межвед. тематич. сб. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2003. – Вып. 27. – С. 158–168.
10. Роль химии в реабилитации сельскохозяйственных угодий, подвергшихся радиоактивному загрязнению / Н. И. Санжарова [и др.] // Российский химический журнал. – 2005. – Т. XLIX. – № 3. – С. 26–34.
11. Evans, E. J. Effect of nitrogen on caesium-137 in soils and its uptake by oat plants / E. J. Evans, A. J. Dekker // Canadian Journal of Soil Science. – 1968. – Vol. 49. – P. 349–355.
12. Моисеев, И. Т. К вопросу о влиянии минеральных удобрений на доступность ^{137}Cs из почвы сельскохозяйственным растениям / И. Т. Моисеев, Л. А. Рерих, Ф. А. Тихомиров // Агрохимия. – 1986. – № 2. – С. 89.
13. Тулина, А. С. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений на дерново-подзолистых песчаных почвах, загрязненных ^{137}Cs : автореф. дис. ... канд. биол. наук. / А. С. Тулина. – М.: ИФХБПП РАН, 2002. – 24 с.
14. Почвы. Отбор проб: ГОСТ 28168-89. Введ. 01.04.90. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 6 с.
15. СТБ 1056.98. Радиационный контроль. Отбор проб сельхозсырья и кормов. Введ. 01.07.1998. – Минск: Белстандарт, 1998. – 7 с.
16. СТБ 1059.98. Радиационный контроль. Подготовка проб для определения ^{90}Sr и ^{137}Cs . Введ. 01.07.1998. – Минск: Белстандарт. – 22 с.
17. ГН №10-117-99. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99): утвержден постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь № 6 от 26.04. 1999.
18. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»: утвержден Решением Комиссии Таможенного союза № 880 от 9.12. 2011.